

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-130710

(43)Date of publication of application : 25.05.1993

(51)Int.Cl.

B60L 9/18  
B60L 15/20  
H02P 5/408

(21)Application number : 03-272327

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 21.10.1991

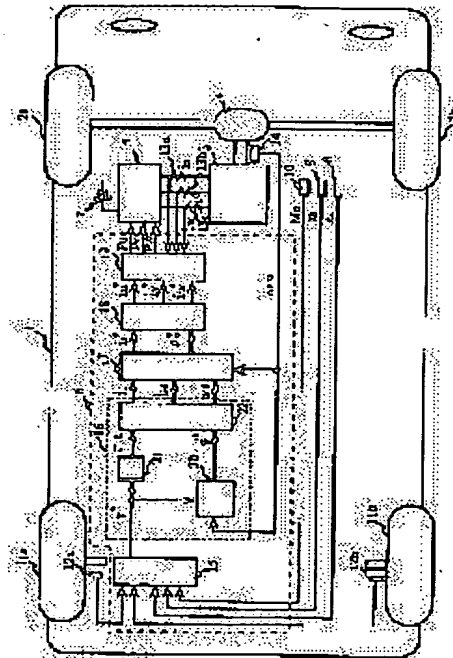
(72)Inventor : MASAKI RYOZO  
OBARA SANSHIRO  
TAKAMOTO YUSUKE  
OKUYAMA TOSHIAKI  
OMAE TSUTOMU

## (54) CONTROLLER FOR ELECTRIC AUTOMOBILE PROVIDED WITH FIELD-WEAKENING CONTROL

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide an electric automobile performing field-weakening control in order to operate an induction motor at high efficiency wherein instability due to variation of field current is prevented, torque control is performed stably, and magnetic noise due to variation of field current is suppressed.

CONSTITUTION: A torque command  $\tau^*$  and a motor speed  $\omega_M$  calculated at a vehicle drive operating section 15 are inputted to a weakening field operating section 20 in order to operate a flux command  $\phi^*$ . The torque command  $\tau^*$  is delayed through a torque delay element 21 to produce a reference torque  $\tau_R$ . A vector control operating section 22 performs vector control operation based on the reference torque  $\tau_R$  and the flux command  $\phi^*$  thus controlling the torque of an induction motor. Since flux current is increased prior to increase of output torque by delaying the torque command  $\tau^*$  to establish a necessary flux, high efficiency is achieved through field current control with torque and stability can be ensured in the control system at the time of high torque output.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-130710

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L 9/18	J	8835-5H		
15/20	J	8835-5H		
H 0 2 P 5/408	A	8209-5H		
	H	8209-5H		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 9 頁)

(21)出願番号	特願平3-272327	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成3年(1991)10月21日	(72)発明者	正木 良三 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	小原 三四郎 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者	高本 祐介 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(74)代理人	弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 弱め界磁制御付き電気自動車制御装置

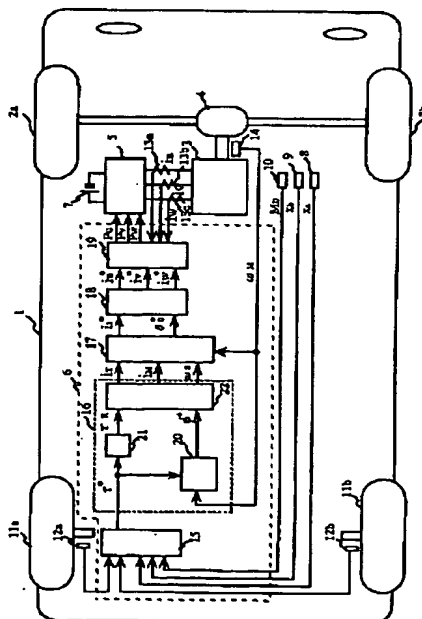
(57)【要約】

【目的】誘導モータを高効率運転するための弱め界磁制御を行う電気自動車において、界磁電流の変化に伴う不安定性を防止し安定したトルク制御を行うとともに、界磁電流の変動に伴う磁気音を低減することを目的としている。

【構成】車両駆動演算部15で算出されたトルク指令 $\tau$ とモータ速度 $\omega_m$ を弱め界磁演算部20に入力し、磁束指令 $\phi$ を演算する。また、トルク指令 $\tau$ はトルク遅れ要素21で遅延し、基準トルク $\tau_k$ としている。ベクトル制御演算部22では、この基準トルク $\tau_k$ と磁束指令 $\phi$ からベクトル制御演算を行い、誘導モータのトルク制御している。

【効果】トルク指令 $\tau$ の遅延により、出力トルクを増加する前に磁束電流を増加し必要な磁束を確立しておくので、トルクによる界磁電流制御で高効率化を図るとともに、高トルク出力時の制御系の安定性を確保することができる効果がある。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】自動車を駆動する誘導モータと、前記自動車の駆動エネルギーを蓄積するバッテリーと、該バッテリーのバッテリー電圧を変換して前記誘導モータに供給するモータ電圧を発生する電力変換手段と、界磁電流とトルク電流に分けて前記誘導モータをベクトル制御し、前記自動車のアクセル、ブレーキの踏み込み量により演算されたトルク指令に基づき前記界磁電流を低下させる弱め界磁制御を行うように、前記電力変換手段を制御する制御手段とを備えた電気自動車制御装置において、前記制御手段が前記トルク指令を増大するときは、前記界磁電流を増大させた後で前記トルク電流を変化させるようにしたことを特徴とする弱め界磁制御付き電気自動車制御装置。

【請求項2】請求項1において、上記界磁電流を増大させ始めたときから上記トルク電流を変化させるまでの時間が0.02秒以上、0.1秒以下であることを特徴とする弱め界磁制御付き電気自動車制御装置。

【請求項3】自動車を駆動する誘導モータと、前記自動車の駆動エネルギーを蓄積するバッテリーと、該バッテリーのバッテリー電圧を変換して前記誘導モータに供給するモータ電圧を発生する電力変換手段と、界磁電流とトルク電流に分けて前記誘導モータをベクトル制御し、前記自動車のアクセル、ブレーキの踏み込み量により演算されたトルク指令に基づき前記界磁電流を低下させる弱め界磁制御を行うように、前記電力変換手段を制御する制御手段とを備えた電気自動車制御装置において、前記制御手段が前記自動車が加速あるいは減速時であると判断した場合には、前記トルク指令に対する前記界磁電流を低下させる制御を停止することを特徴とする弱め界磁制御付き電気自動車制御装置。

【請求項4】請求項3記載において、上記制御手段は上記アクセル、上記ブレーキの踏み込み量の変化により上記自動車が加速あるいは減速時であると判断することを特徴とする弱め界磁制御付き電気自動車制御装置。

【請求項5】自動車を駆動する誘導モータと、前記自動車の駆動エネルギーを蓄積するバッテリーと、該バッテリーのバッテリー電圧を変換して前記誘導モータに供給するモータ電圧を発生する電力変換手段と、界磁電流とトルク電流に分けて前記誘導モータをベクトル制御し、前記自動車のアクセル、ブレーキの踏み込み量により演算されたトルク指令に基づき前記界磁電流を低下させる弱め界磁制御を行うように、前記電力変換手段を制御する制御手段とを備えた電気自動車制御装置において、前記トルク指令に対する前記界磁電流の過渡特性を、立ち上げる時定数よりも立ち下げる時定数を大きくしたことを特徴とする弱め界磁制御付き電気自動車制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は誘導モータで駆動する電

気自動車制御装置で、特に、高効率化と過渡的な安定性を両立する弱め界磁制御付き電気自動車制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、誘導モータをベクトル制御する電気自動車制御装置において、トルクに対する弱め界磁制御を行い、効率向上を図る方法としては、特開昭60-257789号、特開平2-23086号公報に記載の方法がよく知られている。特開昭60-257789号公報の方法は予めトルク指令に対する最高効率パターンを演算しておき、1次電流（あるいは、界磁電流とトルク電流）、及び、すべり周波数の指令値を発生するもので、これにより常に誘導モータの高効率運転を可能にするものである。また、特開平2-23086号公報に記載の方法はステータの磁化曲線をも考慮したもので、前者と同様に高効率化を図ることが開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来技術はいずれも下記の点が考慮されていなかった。トルク指令が急激に変化すると、トルク指令に対して制御する界磁電流もそれに伴って変化しなければならない。しかし、界磁電流は磁束を発生するための電流であり、誘導モータのインダクタンス成分により急激に変化させることはできない。本来、誘導モータのベクトル制御は界磁電流とトルク電流をそれぞれ独立に常にそれらの指令値どおりに制御することで安定したトルク制御を補償している。それに対して、従来技術では界磁電流は過渡的にその指令値どおりにならないことがあり、弱め界磁制御状態から急にトルクが必要になった場合など、トルク電流制御系と界磁電流制御系の間で干渉を起こし、モータ制御系が振動的になる可能性があるという問題点がある。これらの過渡現象はベクトル制御理論から補償することも可能であるが、誘導モータの定数が温度などで変化したときには不安定になることもある。また、電気自動車の場合、運転状況によりトルク指令が頻繁に変化するため、トルク指令に対して制御する界磁電流もそれに伴って頻繁に変化しなければならない。そのため、界磁電流が頻繁に変化すると、1次電流の大きさが変化し、その電流脈動による磁気音が発生するという問題点もある。

【0004】本発明の第1の目的は誘導モータを高効率運転するための弱め界磁制御を行う電気自動車において、界磁電流の変化に伴う不安定性を防止し、安定したトルク制御を確保することである。

【0005】本発明の第2の目的は、トルク指令による界磁電流制御を行ったときの磁気音を低減した電気自動車を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的は、界磁電流とトルク電流に分けて誘導モータをベクトル制御

し、自動車のアクセル、ブレーキの踏み込み量により演算されたトルク指令に基づき前記界磁電流を低下させる弱め界磁制御を行うように制御する制御手段を備えた電気自動車制御装置において、制御手段が前記トルク指令を増大するときは、前記界磁電流を増大させた後で前記トルク電流を変化させるように制御することにより達成される。

【0007】また、上記第2の目的を達成するために、トルク指令に対する前記界磁電流の過渡特性を、立ち上げる時定数よりも立ち下げる時定数を大きくする演算を行う制御手段を設けるようにしたものである。

【0008】

【作用】まず、自動車のアクセル踏み込み量、ブレーキ踏み込み量を検出し、制御手段に入力する。制御手段では、これらの入力値からモータから出力すべきトルク指令を演算した後、このトルク指令に対して高効率化が図れる最適な界磁電流指令を得る。ここで、トルク指令を遅れ要素に入力し、その出力と界磁電流指令から、トルク電流指令を算出する。このトルク電流指令と界磁電流指令から1次電流指令、位相角指令、および、すべり角周波数を演算する。これらの値とモータ速度から各相の電流指令を演算し、モータ電流をフィードバックする電流制御をして、電圧指令を与えている。この電圧指令となるように、制御手段から制御パルスを電力変換手段に出力している。この電力変換手段では、制御パルスにより誘導モータに供給するモータ電圧を発生している。これにより、誘導モータから出力トルクが発生し、タイヤを駆動している。これにより、トルク指令が増大したとき、界磁電流が増加した後でトルク電流指令が増加し、界磁電流の変化に伴う不安定性を防止し、安定したトルク制御を確保することができる。

【0009】また、制御手段において、トルク指令に対する界磁電流指令を演算する際、トルク指令をローパスフィルタに入力し、その出力で界磁電流指令を求める。ここで、そのローパスフィルタの過渡特性を、立ち上げる時定数よりも立ち下げる時定数を大きくする演算を行うことにより、低負荷時の界磁電流の変動、あるいは、脈動を防止でき、それに伴う磁気音を減少することができる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1により説明する。図1が電気自動車1の前輪2a、2bを誘導モータ\*

$$i_1^* = \sqrt{i_M^2 + i_T^2}$$

… (数1)

【0013】

※ ※ (数2)

$$\theta_0^* = \tan^{-1}(i_T / i_M) + \int (\omega_M + \omega_s) dt$$

… (数2)

【0014】次に、相電流指令演算部18において、1次電流の絶対値 $i_1$ とその位相角 $\theta_0$ から、誘導モータのU、V、W相の各電流指令 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ を算

\*3によりトルク制御方式で駆動したときの実施例である。前輪2a、2bは差動装置4を介して誘導モータ3に接続されており、インバータ5により駆動されている。このインバータ5は制御装置6から出力されるPWMパルス $P_u$ 、 $P_v$ 、 $P_w$ により制御され、バッテリー7を電源としてモータ3に供給する電力を変換している。制御装置6には、運転者の操作出力であるアクセルペダル8とブレーキペダル9からそれぞれ得られるアクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ を入力している。その他、制御装置6に入力する信号としては、モード信号 $M_0$ 、左後輪速度 $\omega_{rl}$ 、右後輪速度 $\omega_{rr}$ 、モータ速度 $\omega_m$ 、モータ電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ がある。ここで、モード信号 $M_0$ は運転モードレバー10からの信号で、電気自動車1の前進、後進、駐車を運転者が指示するものである。また、左後輪速度 $\omega_{rl}$ 、右後輪速度 $\omega_{rr}$ は従輪である後輪11a、11bの回転数で、それぞれ車輪速度検出器12a、12bで計測している。モータ電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 、及び、モータ速度 $\omega_m$ については、それぞれ、電流検出器13a、13b、13c、モータ速度検出器14で検出している。

【0011】次に、制御装置6について説明する。制御装置6は車両駆動演算部15、モータ制御演算部16、1次電流指令演算部17、相電流指令演算部18、電流制御演算部19から構成される。車両駆動演算部15では、アクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ 、左後輪速度 $\omega_{rl}$ 、右後輪速度 $\omega_{rr}$ 、および、モード信号 $M_0$ が入力されている。ここで、左後輪速度 $\omega_{rl}$ 、右後輪速度 $\omega_{rr}$ はそれらの平均値を演算して、車速 $\omega_v$ を得るためのものである。これらの情報から電気自動車1が必要なトルク指令 $\tau_r$ を算出している。モータ制御演算部16は弱め界磁制御演算部20、トルク遅れ要素21、ベクトル制御演算部22に分けることができ、トルク指令 $\tau_r$ とモータ速度 $\omega_m$ を入力して、トルク電流 $i_T$ 、界磁電流 $i_M$ 、および、すべり角周波数 $\omega_s$ を算出する。この処理内容が本発明の特徴であるので、詳細は後述する。1次電流指令演算部17では、トルク電流 $i_T$ 、界磁電流 $i_M$ 、すべり角周波数 $\omega_s$ 、および、モータ速度 $\omega_m$ から、数1、数2により1次電流の絶対値 $i_1$ とその位相角 $\theta_0$ を得ている。

40 【0012】

【数1】

出している。電流制御演算部19では、電流指令 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ に対してモータ電流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ をそれぞれ突き合わせてその差から電流制御演算をす

ること、U、V、W相の各電圧指令 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を求め、それらに対応したPWM信号 $P_u$ 、 $P_v$ 、 $P_w$ をそれぞれ発生している。このような演算でPWM信号をインバータ5に出力することにより、誘導モータ3のベクトル制御を行い、応答性の良好なトルク制御を可能にしている。

【0015】では、図2を用いて本発明の特徴であるモータ制御演算部16について述べる。弱め界磁制御演算部20はトルク弱め界磁演算部23、速度弱め界磁演算部24、磁束選択部25から構成されている。トルク弱め界磁演算部23はトルク指令 $\tau_r$ の絶対値が減少するに従ってトルク磁束指令 $\phi_r$ を減少するように演算しており、これにより低トルク状態における高効率化を図ろうとするものである。速度弱め界磁演算部24では、モータ速度 $\omega_r$ の増加に対して速度磁束指令 $\phi_r$ を減少するようになっている。これはモータ速度 $\omega_r$ が増加するに従って印加電圧が不足するのを防止するために行う弱め界磁制御である。次に、トルク磁束指令 $\phi_r$ と速度磁束指令 $\phi_r$ を磁束選択部25で比較して、いずれかの小さい値を磁束指令 $\phi_r$ として出力している。トルク遅れ要素21はトルク指令 $\tau_r$ に対して行うトルク制御演算を遅延させることを目的としたもので、遅延回路と同様の演算を行えばよい。その結果を基準トルク $\tau_r$ としている。ベクトル制御演算部22は磁束応答モデル演算部26、界磁電流演算部27、トルク電流演算部28、すべり角周波数演算部29からなる。磁束応答モデル演算部26では、誘導モータ3の磁束を発生するための回路を模擬し、磁束指令 $\phi_r$ に対する応答である基準磁束 $\phi_r$ を演算している。基準磁束 $\phi_r$ に基づき、界磁電流演算部27でそれを発生するための界磁電流 $i_m$ を算出する。また、誘導モータ3の出力トルクは基準磁束 $\phi_r$ とトルク電流 $i_r$ の積で決定するので、基準トルク $\tau_r$ を基準磁束 $\phi_r$ で除算した商によりトルク電流 $i_r$ を演算すればよい。これをトルク電流演算部28で行っている。誘導モータの場合、電流だけでなく、すべり角周波数も制御しなければ、希望通りのトルクを発生できない。そのため、すべり角周波数演算部29において、基準トルク $\tau_r$ と基準磁束 $\phi_r$ から必要なすべり角周波数 $\omega_s$ を演算している。

【0016】これらの動作による有利な点について、図3の動作波形を用いて説明する。図3はモータ速度 $\omega_r$ が低速のためトルク磁束指令 $\phi_r$ が磁束指令 $\phi_r$ として選択される場合で、かつ、トルク指令 $\tau_r$ が低い状態からステップ的に上昇したときの特性である。時刻 $t_1$ まではトルク指令 $\tau_r$ が小さいので、磁束指令 $\phi_r$ 、界磁電流 $i_m$ 、トルク電流 $i_r$ はいずれも小さく、高効率なモータ制御を行うことができる。時刻 $t_1$ において、トルク指令 $\tau_r$ がステップ上に立ち上がると、トルク弱め界磁演算部23の演算結果から磁束指令 $\phi_r$ も上昇する。そのため、磁束応答モデル演算部26の特性に従い、界磁

電流 $i_m$ が1次遅れ要素のステップ応答のように徐々に上昇し、所定の値に整定する。なお、トルク電流 $i_r$ は界磁電流 $i_m$ の上昇に従って徐々に低下するが、徐々に変化させるので、制御上の安定性に問題はない。ここで、界磁電流 $i_m$ の整定するまでの時間は誘導モータ3の1次回路の時定数 $T_m$ で決まるので、トルク遅れ要素21の遅延時間 $T_d$ はそれよりも大きくしておく。このようにすると、界磁電流 $i_m$ の過渡応答が終了している時刻 $t_2$  ( $t_2 = t_1 + T_d$ )に基準トルク $\tau_r$ が遅れて立上る。それにより、トルク電流 $i_r$ がステップ的に立ち上がり、誘導モータ3のトルクを発生することができる。このときは界磁電流 $i_m$ の変化はないので、過渡状態における相互干渉は少なく安定した特性を得ることができる。これはベクトル制御で用いる誘導モータの定数が本来の値と異なる場合に、特に有効である。また、一般に誘導モータの1次回路の時定数 $T_m$ は20msから50ms程度であり、トルク遅れ要素21の遅延時間 $T_d$ は20ms以上必要である。しかし、遅延時間 $T_d$ を大きくすることはアクセルを踏み込んで加速されるまでの時間を長くすることになるので、運転者が違和感を感じない程度にしておく必要がある。そのためには、遅延時間 $T_d$ を0.1s以内とすべきである。つまり、遅延時間 $T_d$ は20ms以上で、かつ、0.1s以内の値が最適である。この実施例によれば、運転者がアクセルを踏み込むと、トルクを発生するのに必要な最小の磁束だけを予め発生した後、運転者の違和感がない時間以内にそのトルクを発生させることができるので、モータ駆動の効率がよく、かつ、応答性・安定性の良い電気自動車を提供できる。

【0017】図4は図2の弱め界磁制御演算部20が異なる他の実施例を示すブロック図である。図4が図2と異なる点は弱め界磁制御演算部20の加減速判定部30から出力される切替信号 $S_a$ で磁束指令 $\phi_r$ の選択方法を切替ることである。加減速判定部30はアクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ を入力し、図5のフローチャートに示すような処理を行い、切替信号 $S_a$ を出力している。図5では、ステップ101でアクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ を入力し、ステップ102でそれぞれ加速判定基準値 $x_{a0}$ 、減速判定基準値 $x_{b0}$ と比較している。アクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ のいずれかが基準値を越えている場合にはステップ103へジャンプし、切替信号 $S_a$ を1にセットするとともに、ステップ104でタイマ $T$ を0にする。アクセル踏み込み量 $x_a$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_b$ がいずれも基準値以下のときにはステップ105へジャンプし、タイマ $T$ が設定オフ時間 $T_{off}$ 以下であるかを判断する。 $T \leq T_{off}$ のときにはステップ106でタイマ $T$ をインクリメントし、 $T > T_{off}$ ならば切替信号 $S_a$ をリセットする。この処理により、アクセル、あるいは、ブレーキが踏み込まれているとき、及び、踏み

込み状態が終了してから所定の設定オフ時間 $T_{off}$ が経過する前は切替信号 $S_a$ は1となっている。そこで、磁束選択部25において、切替信号 $S_a$ が1のときにはトルク磁束指令 $\phi_{*}$ 、速度磁束指令 $\phi_{*}$ の大きさにかわりなく、常に速度磁束指令 $\phi_{*}$ を選択するものとする。なお、切替信号 $S_a=0$ のときには、トルク磁束指令 $\phi_{*}$ 、速度磁束指令 $\phi_{*}$ のいずれか小さい値を磁束指令 $\phi_{*}$ とするもので、これは図2と同様の選択方法である。このようにすれば、アクセル、ブレーキが踏み込まれているとき、つまり、トルクが必要なときに、誘導モータがその速度で出力できる最大のトルクを発生できるように予め誘導モータの磁束 $\phi_{*}$ を増加しておくことができる。したがって、この実施例によれば、アクセル、ブレーキの踏み込み状態から直接トルクが必要となることを予知できるので、演算されたトルク指令が増加する前に磁束を確立でき、制御系の安定性をより確保できる長所がある。

【0018】図6は速度制御で電気自動車を制御するときの他の実施例である。図1と異なり、車両駆動演算部15では、アクセル踏み込み量 $x_{*}$ 、ブレーキ踏み込み量 $x_{*}$ 、左後輪速度 $\omega_{*}$ 、右後輪速度 $\omega_{*}$ 、および、モード信号 $M_{*}$ から、速度指令 $\omega_{*}$ を演算している。この速度指令 $\omega_{*}$ は速度遅れ要素31に入力され、トルク遅れ要素21と同様に速度指令 $\omega_{*}$ に対して信号の遅延を行う。その出力を基準速度 $\omega_{*}$ としている。次に、第1の速度制御演算部32において基準速度 $\omega_{*}$ とモータ速度 $\omega_{*}$ との差から速度制御演算を行い、トルク指令 $\tau_{*}$ を算出している。これをベクトル制御演算部22に入力しているが、その制御演算は図1の実施例と同様である。この速度制御系は内部には不要の遅れ要素を含んでいないので、安定性の上で問題はなく、アクセル、ブレーキの踏み込み量からトルク指令 $\tau_{*}$ までを考えると、図1の実施例と同様に遅れ要素が挿入されていることになる。この速度遅れ要素31の遅れ時間 $T_{*}$ を0.02sから0.1sとし、その時間内にトルクが必要なときは磁束を確立する制御を行えば、運転者に違和感のない加速感を与えることができる。そこで、第2の速度制御演算部33と応答可変型フィルタ34で磁束制御を行っている。第2の速度制御演算部33は第1の速度制御演算部32と同じ演算を行い、第1のトルク演算値 $\tau_{*}$ を得ているが、基準速度 $\omega_{*}$ ではなく、速度指令 $\omega_{*}$ を用いている点異なる。このことから、速度遅れ要素31の遅れ時間 $T_{*}$ がない時間分だけ速度指令 $\omega_{*}$ の変化時に第1のトルク演算値 $\tau_{*}$ はトルク指令 $\tau_{*}$ よりも立上りが早くなる。図7に速度指令 $\omega_{*}$ が時刻 $t_{*}$ でステップ状に変化したときの特性を示すが、時刻 $t_{*}$ から $t_{*}$ までのトルク演算値 $\tau_{*}$ とトルク指令 $\tau_{*}$ との動作の違いがこのことを表している。なお、時刻 $t_{*}$ で基準速度 $\omega_{*}$ が遅れてステップ的に変化するのは、速度遅れ要素31の遅れ時間 $T_{*}$ のためである。さて、第1のトルク演算値 $\tau_{*}$ は応答

可変型フィルタ34に入力されて、ローパスフィルタと同様に低周波数成分だけを通過させる演算を行い、第2のトルク演算値 $\tau_{*}$ を得る。ただし、応答可変型フィルタ34の処理は、入力絶対値が増加するときの時定数が減少するときの時定数よりも小さくなるようにしている。この処理方法により、図7に示すような第2のトルク演算値 $\tau_{*}$ の特性となる。つまり、トルクが必要な立上り時(時刻 $t_{*}$ )に急速に立上り、時刻 $t_{*}$ までに磁束を確立するようにしている。また、時刻 $t_{*}$ 以降においてトルクが必要でなくなってくると、第2のトルク演算値 $\tau_{*}$ はゆっくり減少する。このようにすれば、制御的にトルク指令 $\tau_{*}$ が脈動的であっても界磁電流 $i_{*}$ は図7のように安定しているので、1次電流が大幅に変化することを防止できる。したがって、この実施例を用いれば、応答性を低下することなく、低トルク時の電流脈動を低減でき、より制御系の安定性に寄与できるとともに、電流脈動に伴う磁気音も低減できる。

【0019】以上が本発明の一実施例であるが、この方法は制御系がアナログ回路であっても、マイクロプロセッサによるソフトウェア処理であっても実現できる。遅れ要素については、遅延回路で説明したが、ローパスフィルタなどのフィルタ回路でもよく、同様の効果が得られる。また、2つ、あるいは、4つの誘導モータで駆動する場合でも適用できる。さらに、トルク指令による弱め界磁制御を行うものに対してヒステリシス特性を併用した制御を行ってもよい。

【0020】

【発明の効果】本発明によれば、誘導モータを高効率運転するためにトルク指令に対する弱め界磁制御を行う電気自動車において、トルク出力を上昇する前に、界磁電流を増加させることにより、界磁電流の変化に伴う制御系の不安定性を防止し、高効率運転と高応答トルク制御での運転を両立できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す電気自動車のトルク制御方式のブロック構成図である。

【図2】図1におけるモータ制御演算部の処理内容を示したブロック図である。

【図3】図2の制御演算の処理方法に対して、トルク指令がステップ上に变化したときの時間応答を示した特性図である。

【図4】アクセル、ブレーキの踏み込み量の変化により磁束の値を選択する図2と異なる他の実施例を示すブロック図である。

【図5】加減速判定部の処理内容を表したフローチャートである。

【図6】他の実施例における電気自動車の速度制御方式のブロック構成図である。

【図7】図6の実施例において、速度指令に対するステップ応答を示した特性図である。

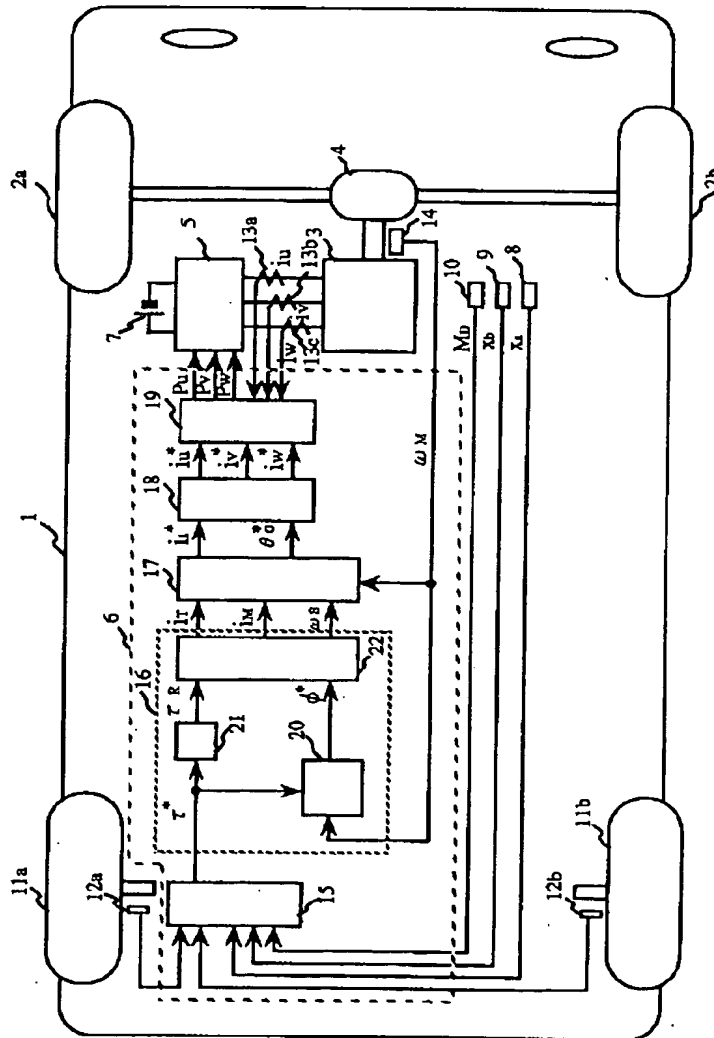
## 【符号の説明】

1…電気自動車、2a、2b…前輪、3…誘導モータ、  
4…差動装置、5…インバータ、6…制御装置、7…バ  
ッテリー、8…アクセルペダル、9…ブレーキペダル、  
10…運転モードレバー、11a、11b…後輪、12  
a、12b…車輪速度検出器、13a、13b、13c  
…電流検出器、14…モータ速度検出器、15…車両駆  
動演算部、16…モータ制御演算部、17…1次電流指  
令演算部、18…相電流指令演算部、19…電流制御演\*

\*算部、20…弱め界磁制御演算部、21…トルク遅れ要  
素、22…ベクトル制御演算部、23…トルク弱め界磁  
演算部、24…速度弱め界磁演算部、25…磁束選択  
部、26…磁束応答モデル演算部、27…界磁電流演算  
部、28…トルク電流演算部、29…すべり角周波数演  
算部、30…加減速判定部、31…速度遅れ要素、3  
2、33…速度制御演算部、34…応答可変型フィル  
タ。

【図1】

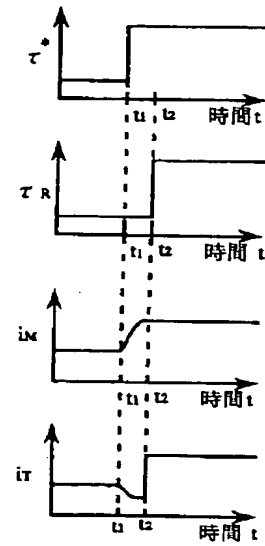
図 1



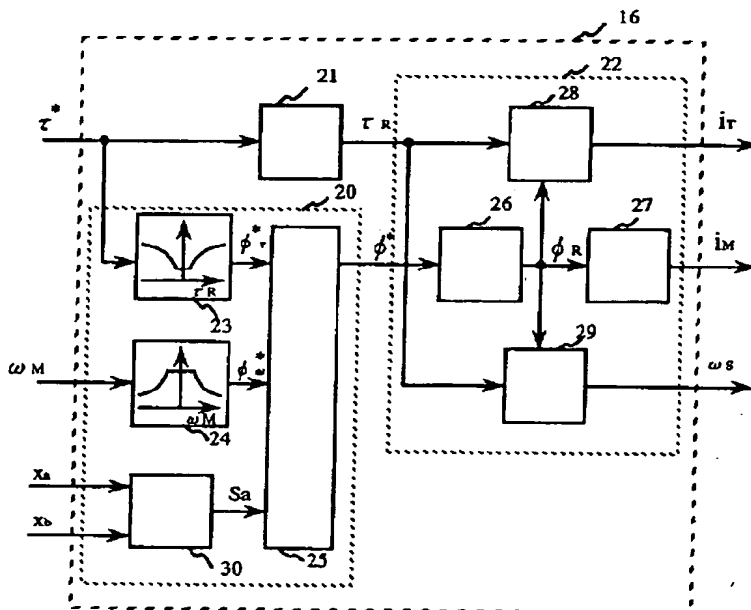


【圖 3】

**3**

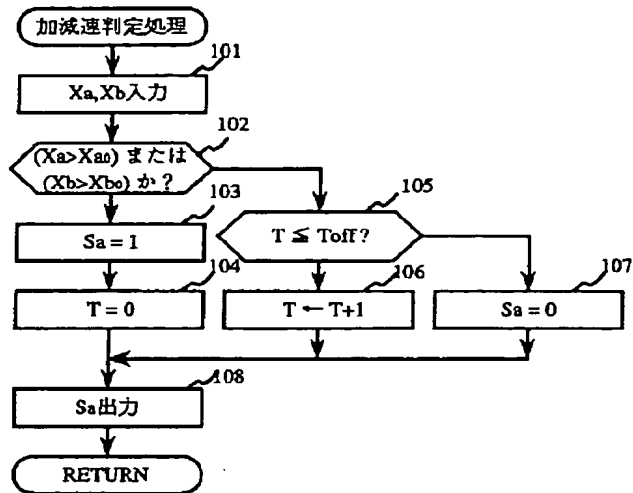


**图 4**



【図5】

図 5



【図7】

図 7

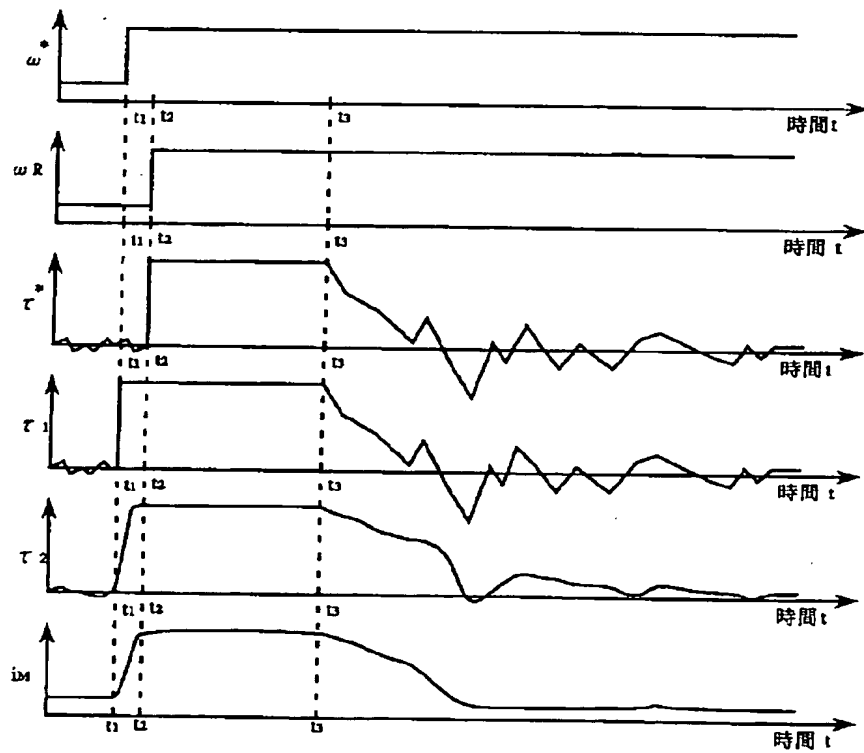
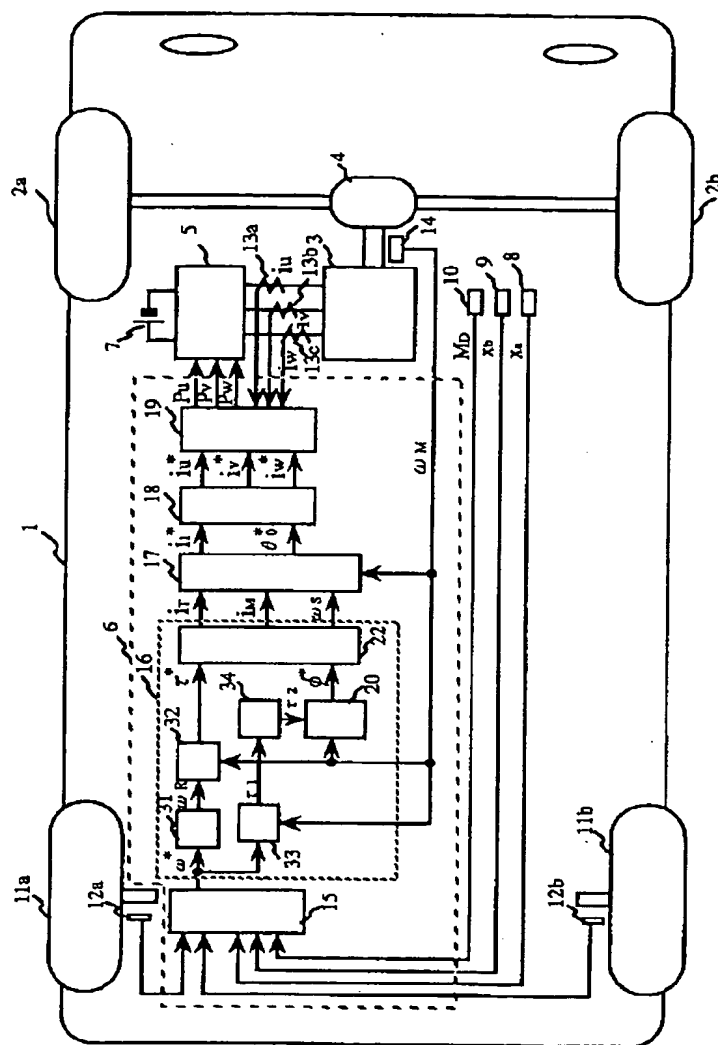


图 6



(72)発明者 大前 力  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内